

北海道の清浄地域における酸性雪*

野 口 泉**

1. はじめに

近年、降水の pH が酸性雨の定義の基準値として、あるいは SO_4^{2-} 、 NO_3^- 降下量が湖沼の酸性化に対する酸性雨の危険負荷量としてよく用いられている。しかし、本来の降水の酸性度、および湖沼や森林の酸性雨に対する耐性は地域差があり、酸性雨対策を考えた場合、酸性雨の基準値や危険負荷量は、地域ごとに設定しなければならない。そのためには、降水中の成分のバックグラウンド値を求める必要がある。しかし、酸性物質が長距離輸送されることから分かるように、実際の調査によって、これらのバックグラウンド値を求めることは難しく、清浄地域における降水中の成分濃度などから推測されることが多い^{1,2)}。また、清浄地域における降水の調査の場合、同時に降水中の酸性物質の輸送についての知見が得られることが多い。そのため、最近では清浄地域における雨水調査の報告が増えつつあるが、雪に関しては未だ少ない。

酸性雪の問題のひとつとして、積雪中に蓄積された酸性物質が春先の短い期間に融雪水とともに大量に流出し、森林、湖沼などの生態系に大きな影響を与えることが挙げられる。北海道でも一年の約半分は降雪がみられ、地域によっては、年降水量の20~30%程度は積雪の状態であることから、このような影響が懸念されており、北海道の酸性雪の実態を把握することは大変重要である。これらのことから、著者らは、1983年度から酸性雪調査を実施し、調査方法を確立するとともに、全道における酸性雪の実態を報告してきた³⁻⁶⁾。

今回、北海道の清浄地域における酸性雪の成分の挙動について検討することによって、酸性成分などのバックグラウンド値に関するいくつかの知見を得たので報告する。

2. 調査方法

2・1 調査地点と調査期間

清浄地域と考えられる海岸部の利尻と山間部の東の沢について、また対照地域として都市部の札幌について、それぞれ調査を行った。調査地点を図1に示す。

利尻は、日本海に位置する離島で、近くの礼文島から約12 km、北海道北部の日本海沿岸から約20 km 離れている。島内の主な固定発生源は、ゴミ焼却場とディーゼル火力発電所だけであり、いずれの島の北西部に位置している。

東の沢は、日高山脈の中腹に位置し、無人の水力発電所がある。周囲20 kmには人家はなく、海岸部にある最も近い市街地から約30 km 離れている。大きな固定発生源としては、北西方向、約70 km に石炭火力発電所が、約100 km に苫小牧の工業地帯がある。

利尻では1990年2月下旬に島の周囲と利尻岳中腹の計14地点で積雪調査を実施した。東の沢では1990年2月~1991年2月に、札幌では1989年12月~1990年2月と1990年12月~1991年2月に降雪調査を実施した。

2・2 採取方法

試料採取は、利尻では図2に示す採取器による積雪を鉛直方向に採取するコアサンプリング法を、東の沢



図1 調査地点

* Measurement of Background Snowfall in Hokkaido

** Izumi NOGUCHI (北海道環境科学研究センター) Hokkaido Institute of Environmental Sciences

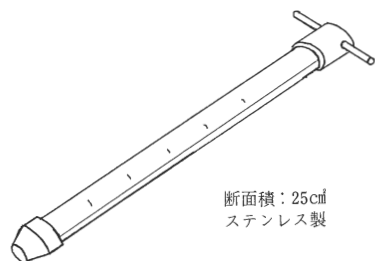


図2 スノーサンプラー

および札幌では口径 400 mmφ のポリ塩化ビニルパイプで作成した環境庁方式の降雪採取器によるバルク法をそれぞれ用いた。降雪の採取間隔は、東の沢で半月単位、札幌で1週間単位である。

2・3 測定項目と測定方法

採取した試料は、すべて室温で溶解後、直ちにろ過し、分析に供した。測定項目及び測定方法を表1に示す。また、降水量は貯水量/採取面積により算出した。なお、本報で用いる平均値は、すべて降水量換算による平均値である。

2・4 積雪調査結果と降雪調査結果について

北海道における降雪は、一部の地域を除いて、積雪として 0℃ 以下に保たれたまま根雪の始まる時期から春先の融雪期まで天然の冷凍庫に保存される⁷⁾。融雪は3月上旬頃から始まり、融け始めの融雪水は高濃度の汚染物質を含んでおり、雪融けが進むにつれ、その濃度は低下し、融雪水量は増加する⁸⁾。この時、全体の20%が融解する前に各含有成分の50%程度が溶出すると言われており⁹⁾、積雪試料の採取は2月下旬～3月上旬までに行う必要がある。これらのことから、厳密には根雪が始まった日時や採取効率などに関する採取量の誤差が含まれるが、融雪前であれば、積雪中の汚染物質量は、バルク法によって採取された降雪中の汚染物質量の総和とほぼ等しいと考えられる。

表1 測定項目と測定方法

測定項目	測定方法
pH	イオン電極法
EC	導電率計による方法
SO ₄ ²⁻	イオンクロマトグラフ法
NO ₃ ⁻	
Cl ⁻	
Na ⁺	
K ⁺	
Ca ²⁺	原子吸光度法
Mg ²⁺	
NH ₄ ⁺	オートアナライザー

今回行った利尻における積雪調査の場合、根雪は12月上旬に始まり、積雪採取を行った2月下旬までの期間中の平均気温は 0℃ 以下であった。また、気象観測所に最も近い調査地点の積雪試料から算出された降水量は、気象観測所の降水量とほぼ等しいこと（積雪試料：220 mm、気象観測所：210 mm）から、利尻における積雪の調査結果は、降雪の調査結果と比較することが可能であると考えられた。

2・5 非海塩由来成分の算出方法

本報では積雪または降雪中の成分の内、SO₄²⁻、Cl⁻、Ca²⁺ について、海塩由来と非海塩由来 (nonsea salt) の略から「nss-」と表す) に区別した。非海塩由来成分を算出するにあたっては、広く用いられている Na⁺ を基準にした方法を用いた。用いた海水組成の当量比はそれぞれ、SO₄²⁻/Na⁺ = 0.120、Cl⁻/Na⁺ = 1.164、Ca²⁺/Na⁺ = 0.044 である。なお、Mg²⁺、K⁺ については非海塩由来は濃度が低く、無視することとした。

3. 結 果

3・1 溶解性成分

各地点における平均の pH、導電率 (EC)、成分のイオン当量濃度を表2に示す。

アニオンとカチオンのバランス (イオンバランス) は、札幌ではカチオン/アニオン (表中: T-C/T-A) が1.10以上で、ややカチオン過多であったが、ECの計算値と実測値の比 (表中: ECc/ECo) では、いずれの地点でも1.00±0.05以内であった。pHはいずれの地点でも5.0以下であり、利尻、東の沢の積雪または降雪の pH は札幌のそれと同程度であった。ECは東の沢で札幌の1/2程度の値を示したが、利尻では札幌と同程度であった。このように、pHとECだけでは雪の汚染度、あるいは酸性度についての清浄地域と都市部の特性は区別できなかった。この原因として、pHの場合は、都市部では酸性物質も多いが、酸性化抑制物質も多かったことが、ECの場合は、いずれの地点でも、海塩由来の代表成分である Cl⁻、Na⁺、Mg²⁺、K⁻ の全成分に占める割合がそれぞれ62~84%と大きかったことが挙げられる。

3・2 非海塩由来成分

非海塩由来成分のイオン当量濃度を表3に、その組成を図3に示す。なお、利尻では、nss Ca²⁺、東の沢では、nss Cl⁻ が検出されなかった。また、利尻における nss Cl⁻ 濃度は、全 Cl⁻ 濃度の 2% 弱であり、無視できると考えられた。

イオンバランスは、利尻ではややアニオン過多で

あったが、前述したように nss Cl⁻ 濃度を無視すると、東の沢と同様に、カチオン/アニオンは 1.00 ± 0.10 以内となる。一方、札幌ではカチオン過多であり、測定されていないアニオンとしては HCO₃⁻ が、対応するカチオンとしては、利尻、東の沢に比べて濃度が高

い nss Ca²⁺ が考えられた。これは、冬期においては、土壌は積雪に覆われていることから、アスファルト粉じん由来と考えられた。また、Ca²⁺ の発生源としては、他に黄砂の影響が考えられるが、札幌でのみ nss Ca²⁺ 濃度が高いこと、利尻では nss Ca²⁺ が検

表2 溶解性成分濃度

採取地点	採取年度	pH	EC uS/cm	H ⁺ μeq/l	SO ₄ ⁻ μeq/l	NO ₃ ⁻ μeq/l	Cl ⁻ μeq/l	NH ₄ ⁺ μeq/l	Na ⁺ μeq/l	Ca ⁺⁺ μeq/l	Mg ⁺⁺ μeq/l	K ⁺ μeq/l
利尻	1989年	4.72	43.0	19	52	7	237	12	200	7	45	6
東の沢	1990年	4.96	21.9	11	37	14	77	20	69	18	16	4
札幌	1989年	4.71	49.4	19	72	15	229	53	170	68	36	7
札幌	1990年	4.80	37.0	16	50	12	159	40	119	37	24	7

採取地点	採取年度	採取日数	降水量 mm	T-anion μeq/l	T-cation μeq/l	T-ion μeq/l	T-C/T-A	ECobs us/cm	ECcal us/cm	ECc/ECo
利尻	1989年度	76	357	296	290	585	0.98	43.0	43.6	1.02
東の沢	1990年度	88	282	128	137	265	1.07	21.9	20.8	0.95
札幌	1989年度	88	329	316	354	670	1.12	49.4	50.2	1.02
札幌	1990年度	86	382	221	244	464	1.10	37.0	35.6	0.96

表3 非海塩由来成分濃度

採取地点	採取年度	採取日数	降水量 mm	H ⁺ μeq/l	nssSO ₄ ⁻ μeq/l	NO ₃ ⁻ μeq/l	nssCl ⁻ μeq/l	NH ₄ ⁺ μeq/l	nssCa ⁺⁺ μeq/l	T-anion μeq/l	T-cation μeq/l	T-ion μeq/l	T-C/T-A
利尻	1989年度	76	357	19	28	7	4	12	—	39	31	70	0.81
東の沢	1990年度	88	282	11	29	14	—	20	15	43	45	88	1.06
札幌	1989年度	88	329	19	52	15	31	53	60	98	133	231	1.36
札幌	1990年度	86	382	16	35	12	20	40	32	67	88	155	1.31

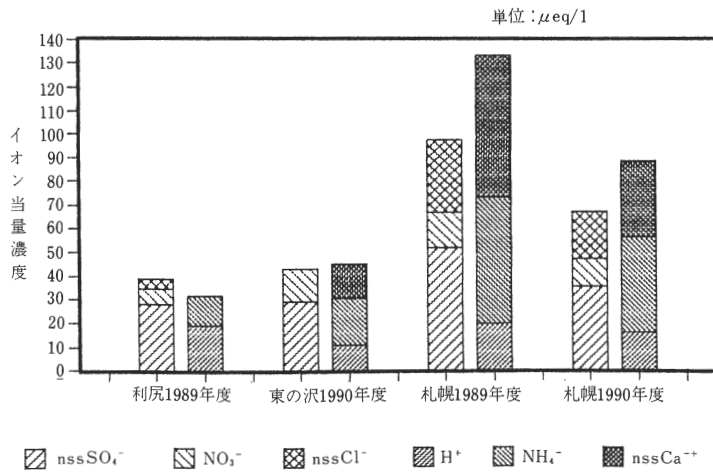


図3 非海塩由来成分のイオン当量濃度と組成

出されなかったことから、その影響は無視できると考えられた。

東の沢では、 NO_3^- 濃度が札幌と同程度に高かったが、この原因としては土壌が積雪で覆われており、また周囲約 20 km には汚染物質の発生源が存在しないことから、降雪中の汚染物質は遠方からの輸送が考えられた。 NO_3^- の発生源としては、冬期の卓越風向から考えて、風上にあたる北西約 70 km に位置する石炭火力発電所 (NO_x の排出量は 25,000 kg- NO_2 /day) が考えられた。また、nss Ca^{2+} はカチオンとアニオンのバランスがとれていることから、nss SO_4^{2-} 、または NO_3^- との微小粒径の塩として運ばれたと考えられた。

利尻と東の沢における積雪または降雪の各成分濃度を比較すると、 H^+ と nss Cl^- を除いた成分は、利尻でより濃度が低かった。利尻の各試料から得られた成分濃度の最低値は nss SO_4^{2-} で 1.0 mg/l、 NO_3^- で 0.29 mg/l、 NH_4^+ で 0.16 mg/l、nss Ca^{2+} で ND (検出不能) であった。また、この時のイオンバランスから計算された pH は 4.8 であった。

4. おわりに

北海道の清浄地域における積雪または降雪中の酸性成分、酸性化抑制成分は、東の沢より利尻において、濃度が低かった。また、利尻で得られた nss SO_4^{2-} 、 NO_3^- 濃度の最低値は、玉置ら²⁾が考察した我が国にお

ける雨水成分濃度の年平均バックグラウンド値の最低値にほぼ等しかった。

今後は、全道の清浄地域における酸性雪調査を引き続き実施し、酸性雪中の各成分の挙動を広域的に明らかにしたいと考えている。

なお、本調査の実施に際し、北海道電力(株)に多大なご協力をいただいた。ここに深く感謝いたします。

一 参 考 文 献 一

- 1) 玉置元則, 小山 功: 「地上から見た日本の酸性雨」, 大気汚染学会誌, Vol. 26, No. 1, P 1, 1991.
- 2) 玉置元則, 他: 「日本の酸野性雨の化学」, 日本化学会誌, No. 5, P 667, 1991.
- 3) 荒木邦夫, 他: 「酸性雪に関する研究 (第 1 報)」北海道公害防止研究所報, No. 12, P 59, 1985.
- 4) 荒木邦夫, 他: 「酸性雪に関する研究 (第 2 報)」北海道公害防止研究所報, No. 13, P 69, 1986.
- 5) 荒木邦夫, 他: 「酸性雪に関する研究 (第 3 報)」北海道公害防止研究所報, No. 15, P 73, 1988.
- 6) 野口 泉, 他: 「酸性雪に関する研究」, 第 15 回北海道・東北ブロック公害研究連絡会議要旨集, 1990.
- 7) 秋田谷英次, 遠藤八十一: 「北海道内平地における積雪特性」, 昭和 54 ~ 56 年度北海道大学特定研究経費研究成果報告書, P 1, 1981.
- 8) 青井孝夫, 他: 「積雪と融雪水に関する調査研究」第 14 回環境保全公害防止研究会要旨集, P 29, 1988.
- 9) 大泉 毅: 「積雪中の含有成分の融雪時における挙動」, 第 13 回北海道・東北ブロック公害研究連絡会議要旨集, 1988.